



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
11 DE 3624630 A1

51 Int. Cl. 4:  
H05K 3/10  
B 23 K 26/00  
H 02 G 1/12  
H 05 K 3/34  
H 01 R 43/28  
C 09 J 5/06

21 Aktenzeichen: P 36 24 630.1  
22 Anmeldetag: 18. 7. 86  
43 Offenlegungstag: 19. 2. 87

EP 0217019 A1  
CB-PS 2180408

DE 3624630 A1

30 Unionspriorität: 32 33 31

19.07.85 US 756 691

71 Anmelder:

Kollmorgen Technologies Corp., Dallas, Tex., US

74 Vertreter:

Pfenning, J., Dipl.-Ing., 1000 Berlin; Meinig, K.,  
Dipl.-Phys., 8000 München; Butenschön, A.,  
Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 1000 Berlin; Bergmann,  
J., Dipl.-Ing., Pat.- u. Rechtsanw., 8000 München

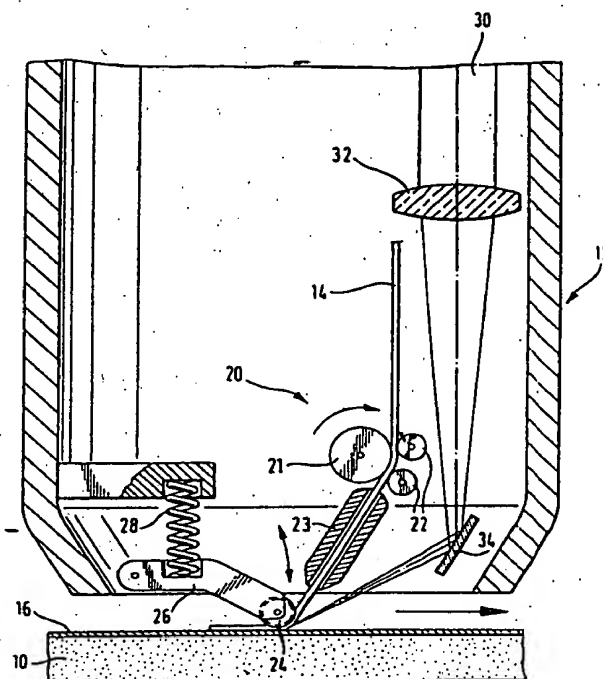
72 Erfinder:

Morino, Ronald, Seacliff, N.Y., US; Swiggett, Brian  
Edward; Keogh, Raymond J., Huntington, N.Y., US;  
Crowell, Jonathan C., Lakeville, Mass., US

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zum Herstellen von Schaltungsplatten

Es wird ein Verfahren zum Herstellen einer Schaltungsplatte durch Aufbringen mindestens eines Leiterzuges entsprechend einem vorgegebenen Muster auf der Oberfläche eines mit einer Haftvermittlerschicht versehenen Trägers vorgeschlagen. Der Leiterzug wird bzw. die Leiterzüge werden entsprechend einem vorgegebenen Muster in einem Schreibvorgang auf der Oberfläche verankert. Der Haftvermittler wird mittels Laserstrahl-Impulsen praktisch konstanter Energie entlang dem vorbestimmten Weg des Leiterzuges während des Schreibvorganges aktiviert und damit haftvermittelnd gemacht, wobei die zeitliche Impulsfolge eine Funktion der jeweiligen Schreibgeschwindigkeit ist.



DE 3624630 A1

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Schaltungsplatte durch Aufbringen mindestens eines Leiterzuges entsprechend einem vorgegebenen Muster auf der Oberfläche eines mit einer Haftvermittlerschicht versehenen Trägers, wobei der Leiterzug bzw. die Leiterzüge entsprechend einem vorgegebenen Muster in einem Schreibvorgang auf der Oberfläche verankert wird bzw. werden, dadurch gekennzeichnet, daß der Haftvermittler mittels Laserstrahl-Impulsen praktisch konstanter Energie entlang dem vorbestimmten Weg des Leiterzuges während des Schreibvorganges aktiviert und damit haftvermittelnd gemacht wird, und daß die zeitliche Impulsfolge eine Funktion der jeweiligen Schreibgeschwindigkeit ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zeitliche Impulsfolge so geregelt ist, daß die von den einzelnen Impulsen getroffenen Bezirke überlappen.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die überlappenden Bezirke 10 bis 90% des Strahldurchmessers entsprechen.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Haftvermittlerschicht vor dem Schreibvorgang aufgebracht wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Haftvermittler als Drahtüberzug vor dem Schreibvorgang aufgebracht wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Haftvermittler während des Schreibvorganges aufgebracht wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1 mit isolierten Leiterzugdrähten, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die Enden der isolierten Leiterzugdrähte durch einen auf diese gerichteten Laserstrahl ausreichender Energie und geeigneter Wellenlänge von der Drahtisolierung befreit werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl ausreichender Energie und geeigneter Wellenlänge ein zweiter Laserstrahl ist.
9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerplatte mit Lötunkten versehen ist, und daß der Leiterzugdraht mindestens an einem Ende von der Isolierung befreit ist und an den genannten Endpunkten mittels des zweiten Laserstrahles durch dessen entsprechende Ausrichtung angelötet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 1 mit einem Leiterzugdraht, der mittels Drahtschreibung zwischen zwei Endpunkten auf der Oberfläche aufgebracht wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Draht nach dem Erreichen des zweiten Endpunktes durch einen auf diesen gerichteten Laserstrahl ausreichender Energie und geeigneter Wellenlänge abgetrennt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Laserstrahl eine pulsierende Laserstrahlenergie abgibt mit 100% Überlappung für wenigstens einen Teil der Impulsdauer.
12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der zum Abtrennen des Drahtes verwendete Laserstrahl eine andere Wellenlänge und eine andere Leistung aufweist als jener zum Aktivieren der Haftvermittlerschicht.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft Schaltungsplatten nach Art der "drahtgeschriebenen" Schaltungen und genauer ausgedrückt die Verwendung von Laserenergie zur Festlegung der Schaltdrähte und zum Entfernen der Drahtisolierung während des Aufbringens der Leiterzüge.

Verfahren und Vorrichtungen zum Herstellen drahtgeschriebener Schaltungen auf mit einer Haftvermittlerschicht versehenen Isolierstoff-Trägerplatten unter Verwendung isolierter Drähte und Festlegung der Schaltungsdrähte sowie deren Abtrennen an bestimmten Punkten wurde bereits in den US Patenten 36 71 914 und 36 74 602 beschrieben. Danach können Leiterzugnetzwerke entsprechend vorherbestimmter Muster hergestellt werden. Das Schaltungsmuster wird durch Festlegen des mit einer Isolierstoffschicht überzogenen Drahtes in der Haftvermittlerschicht hergestellt, indem das Schreibelement die Haftvermittlerschicht entlang des Weges der Drahtniederlegung erwärmt. Der erweichte Haftvermittler umgibt den Draht mindestens teilweise, so daß nach dem Abkühlen eine fest Verbindung zwischen der Oberfläche der Trägerplatte und dem Schaltungsdraht geschaffen ist.

In EPA 01 10 820 wird eine Vorrichtung beschrieben zur "Drahtschreibung" in eine aktivierte, lichtaushärtbare Haftvermittlerschicht. Der Haftvermittler wird mittels Ultraschallenergie aktiviert und anschließend mit Hilfe von Lichtenergie, die auch Laserenergie sein kann, ausgehärtet. Die japanische Offenlegungsschrift 57-1 36 391 beschreibt ein Verfahren, nach dem Draht entsprechend einem vorgegebenen Muster auf eine mit einer Haftvermittlerschicht versehene Unterlage im "Schreibverfahren" aufgebracht werden kann. Durch Laser- und Ultraschallenergie wird die Haftvermittlerschicht erweicht und der niedergelegte Draht in diese eingedrückt.

Die Verwendung von Laserstrahlen als Energiequelle zum Aktivieren der Haftvermittlerschicht während der Drahtniederlegung beinhaltet nach den bekannten Verfahren eine Anzahl von Schwierigkeiten und Problemen, unabhängig davon, ob die Haftvermittlerschicht auf der Oberfläche der Trägerplatte angebracht ist, oder ob diese den Draht umgibt. Wird die Laserenergie so ausgerichtet, daß sie entlang des Weges des Drahtes auftritt, wird eine entsprechende Aktivierung nur dann erzielt, wenn der Strahl mit einer bestimmten gleichmäßigen Geschwindigkeit entlang des Drahtweges bewegt wird, oder seine Intensität entsprechend komplexer Steuerungsvariablen moduliert wird. Die von einem bestimmten Bezirk der Haftvermittlerschicht aufgenommene Energie nimmt mit der Dauer der Einstrahlung zu. Die Dauer der Einstrahlung ist umgekehrt proportional zur Geschwindigkeit, mit der Laserstrahl entlang des Weges der Drahtniederlegung bewegt wird. Entsprechend bedingt eine Änderung der Geschwindigkeit der Drahtniederlegung auch eine Änderung der Einstrahlungsdau-

er in einem entsprechenden Bezirk der Oberfläche der Haftvermittlerschicht. Während der Drahtschreibung kann die Niederlegungsgeschwindigkeit unter mindestens drei Umständen verändert werden:

Wenn nach dem Anhalten der Schreibvorgang seine vorgeschriebene Geschwindigkeit wieder aufnimmt, wenn eine Biegung oder ein Richtungswechsel vorliegen (es tritt eine Herabsetzung der Geschwindigkeit vor dem Richtungswechsel sowie ein Anhalten vor der Biegung ein und eine Beschleunigung nach dem Knickpunkt, um die vorgeschriebene Geschwindigkeit wieder zu erreichen), und wenn das Schreibelement seine Geschwindigkeit herabsetzt, um am Ende eines Leiterzuges zum Stillstand zu kommen. Das bedeutet, wenn die Drahtauslegungsgeschwindigkeit verringert wird, ist die Einstrahlungsdauer der Laserenergie entsprechend länger, was einen Energie-Überschuß bedeutet, der eine Beschädigung oder sogar Zerstörung des umgebenden Materials zur Folge haben kann.

Wird zur Kompensation der längeren Einstrahlungsdauer das Energieniveau verringert, so wird nach Aufnahme der vorgeschriebenen Schreibgeschwindigkeit die Energieeinstrahlung zur Aktivierung der Haftvermittlerschicht nicht ausreichen.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, die Laserstrahlenergie genau entsprechend der Drahtniederlegungs-Geschwindigkeit oder der Schreibgeschwindigkeit zu steuern, so daß immer ausreichend Energie vorhanden ist, um die Haftvermittlerschicht zu aktivieren und somit die Leiterzüge fest mit der Unterlage zu verbinden.

Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen der im Anspruch 1 angegebenen Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen. Unter "Trägerplatte" wird eine Isolierstoffplatte verstanden, auf der die Leiterzüge angebracht werden. Unter "Leiterzügen" wird wenigstens ein Drahtnetzwerk verstanden, welches wenigstens einen Teil aufweist, der Energie-leitend, wie beispielsweise elektrisch-leitend oder Licht-leitend ist.

Die Leiterzüge können mit einer isolierenden Schicht überzogen werden.

Mit "Schreiben" wird der Vorgang des Aufbringens und Festlegens der Leiterzüge in einem vorbestimmten Muster auf der Oberfläche der Trägerplatte bezeichnet.

Mit "Laserenergie" wird die Energiemenge bezeichnet, die von einer Laserenergiequelle ausgestrahlt wird und die ein Produkt aus Leistung und Zeit ist.

Mit "Haftvermittler" wird das Material bezeichnet, das als Bindemittel zwischen Leiterzug und Oberfläche dient. Der Haftvermittler kann ein Überzug sein, der den Leitungsdraht vollständig umschließt, oder er kann auf die Oberfläche der Trägerplatte entweder in Form einer Schicht oder einer Folie aufgebracht werden.

Unter "Aktivierung" wird der Vorgang verstanden, der das zum Fixieren des Drahtes auf der Oberfläche bestimmte Material in den klebfähigen Zustand versetzt.

Die Erfinder haben festgestellt, daß beim Drahtschreiben die Aktivierung des Haftvermittlers in einfach steuerbarer Weise mit Hilfe von gerichteten Laserstrahlen vorgenommen werden kann. Die Impulse werden so eingestellt, daß stets einheitliche Energiemengen abgegeben werden, beispielsweise durch Einstellen des Querschnittes des Laserstrahls (hier später als "Brennpunkt" bezeichnet) und daß die Leistungsfähigkeit der Laserstrahlquelle den Erfordernissen zum Aktivieren des Haftvermittlers entspricht etc. Ein Impuls wird jedesmal ausgesandt, wenn ein bestimmtes Teilstück des Drahtes niedergelegt ist. Auf diese Weise erhält jede Längeneinheit und so jede Oberflächeneinheit entlang des Leiterzugweges praktisch die gleiche Energiemenge, unabhängig von der Schreibgeschwindigkeit. So wird nach dem erfindungsgemäßen Verfahren in einfacher Weise die Aktivierung des Haftvermittlers und damit die Festlegung des Drahtes in einem vorbestimmten Muster erzielt. Die Laserenergie kann auch zum Entfernen der Drahtisolierung sowie zum Verlöten der Leiterzugenden mit bestimmten Punkten verwendet werden.

Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch einen Kopf der Schreibvorrichtung, wie dieser nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Auslegen des Drahtes und Bindung des isolierten Drahtes an eine mit einer Haftvermittlerschicht versehenen Oberfläche mit Hilfe eines Laserstrahles verwendet wird.

Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch den Schreibkopf nach einer anderen Ausgestaltungsform der Erfindung, nach der der Haftvermittler separat zugeführt wird.

Die Fig. 3A, 3B und 3C sind Querschnittsdarstellungen, in verschiedenen Vergrößerungen, einer weiteren Ausgestaltungsform der Erfindung, nach der zwei Laserstrahlen verwendet werden und der Haftvermittler in Form eines Drahtüberzuges zugeführt wird.

Fig. 1 zeigt einen Schreibkopf, der geeignet ist zur Verwendung im erfindungsgemäßen Verfahren bei Benutzung von Laserstrahlenergie zur Fixierung der niedergelegten Leiter auf der Trägerplatte, deren Oberfläche mit einer Haftvermittlerschicht überzogen ist.

Die Trägerplatte 10 wird vorzugsweise auf einen X-Y-Tisch montiert, dessen Bewegung steuerbar ist.

Vorzugsweise wird die Tischbewegung digital gesteuert mit Hilfe eines entsprechenden Computerprogrammes. Ein Schreibkopf 12 dient dem Zuführen und Aufbringen des Leiterzugdrahtes 14. Der Kopf 12 ist drehbar, so daß der Draht 14 entsprechend der Bewegungsrichtung des Tisches ausgelegt wird. In einer charakteristischen Folge bewegt sich der Tisch in einer Richtung, während ein Drahtende vorbestimmter Länge aufgebracht wird. Dann hält der Tisch an, damit der Kopf rotieren kann, um eine Biegung oder eine Richtungsumkehr im Leiterzugverlauf zu bewirken. Dann bewegt sich der Tisch in einer neuen, durch die Kopfstellung angegebenen Richtung. In dieser Art wird der Leiterzugverlauf auf der Oberfläche der Trägerplatte hergestellt.

Die Trägerplatte 10 ist mit einer Haftvermittlerschicht 16 überzogen, um den isolierten Draht zu binden.

Der isolierte Draht 14 wird über eine Drahtzuführung 20 geliefert, die eine Antriebsrolle 21 und ein Paar von Spannrollen 22 enthält. Die Antriebsrolle 21 wird vorzugsweise so gesteuert, daß der Draht 14 mit einer Geschwindigkeit zugeführt wird, die der Tischbewegungsgeschwindigkeit entspricht (nicht gezeigt). Der Draht 14 geht von der Drahtzuführung 20 durch eine Drahtführung 23 zu der mit einer Haftvermittlerschicht überzogenen Oberfläche 16 der Trägerplatte 10 und wird mit Hilfe einer mit Furchen versehenen Führungsrolle 24 und einer Feder 28 abwärts gedrückt, die auf dem freien Ende eines schwenkbaren Armes 26 angeordnet ist.

Ein Laserstrahl 30 wird durch die Linse 32 fokussiert und vom Spiegel 34 auf die Haftvermittlerschicht 16 entweder direkt in den Kontaktpunkt des isolierten Drahtes 14 mit der Oberfläche oder ganz wenig vor diesen Punkt reflektiert. Fig. 2 zeigt eine andere Ausgestaltungsform, nach der der Haftvermittler getrennt zugeführt wird und der Draht mit Hilfe von Ultraschall in die Haftvermittlerschicht gepreßt wird. Der Haftvermittlerfilm 50 geht zwischen Antriebsrolle 52 und den Spannrollen 53 hindurch, so daß er genauso schnell vorwärts geschoben wird wie der Draht 14. Der Haftvermittlerfilm 50 ist etwas breiter als der Draht. Der Film 50, wie er aus den Zuführungsrollen 52 und 53 kommt, geht durch die Führung 54 und wird zwischen der Oberfläche der Trägerplatte 10 und dem Draht 14 niedergelegt. Der Laserstrahl 30 wird mit Hilfe des Spiegels 34 so gelenkt, daß er den Haftvermittler direkt vor dem Kontaktpunkt trifft und ihn aktiviert.

Der Ultraschallstift 60 weist an seinem Ende eine Einkerbung auf, die als Drahtführung dient, um den Draht auf der Trägerplatte niederzulegen. Der Stift ist so geformt, daß er eine reibungslose Drahtführung ergibt, und daß er gleichzeitig den Draht in den durch Laserstrahlimpulse aktivierten Haftvermittler einpreßt. Die Ultraschallenergie ist von geringer Amplitude, aber ausreichend, um eine reibungslose Drahtführung zu bewirken. Der Ultraschallstift trägt so sehr wenig zur Aktivierung des Haftvermittlers bei. Bei niedrigem Energieniveau, wie dies erfindungsgemäß verwendet wird, kann Ultraschallenergie ohne Nachteile wie Kaltverformen oder Brechen des isolierten Drahtes verwendet werden. Die Druckkraft des Ultraschallstiftes wird durch die Feder 62 bewirkt, welche im Punkt 64 des Stiftes 60 angebracht ist.

Die Fig. 3A, 3B und 3C zeigen die Zweistrahl-Ausgestaltungsform zum Schneiden, Abisolieren und Löten des Drahtes sowie für die Aktivierung des mit einer Haftvermittlerschicht überzogenen Drahtes.

Der überzogene Draht 70 wird über die Zuführung 72, die eine Antriebsrolle 74 und ein Paar Spannrollen 76 aufweist, geliefert. Danach geht der Draht durch die Drahtführung 78 und unter dem gefurchten Ultraschallstift 80 hindurch. Der Ultraschallstift 80 ist üblicherweise so geformt, wie in Fig. 3A gezeigt, und wird durch Magnetostriktion erregt. Die Magnetostriktion wird mittels einer von hochfrequentem Wechselstrom durchflossenen Spule, die den Stift umgibt, erzeugt. Unter der Wirkung der Magnetostriktion bewegt sich die Arbeitsspitze des Stiftes auf- und abwärts. Ein Laser 84 erzeugt die Laserenergie in gesteuerten Impulsen in einem der beiden Strahlen 86 und 88, je nach Einstellung des schwenkbaren Spiegels 90. Ist der Spiegel 90 in der durch die ausgezogene Linie angegebenen Stellung, so wird die Laserenergie über die Spiegel 92, 90 und 94 reflektiert. Sie geht sodann durch die Linse 95 und wird vom Spiegel 96 auf die Unterseite des mit der Haftvermittlerschicht überzogenen Drahtes reflektiert, und zwar im Kontaktpunkt zwischen Draht und Trägerplatten-Oberfläche. Ist der Spiegel 90 in der durch die gestrichelte Linie angegebenen Stellung, so wird die Laserenergie über die Spiegel 92, 97, 98 reflektiert und nach Durchgang durch die Linse 99 vom Spiegel 91 auf die obere Seite des auszulegenden Leiterzugdrahtes reflektiert. Die vom Spiegel 91 reflektierte Energie, wie aus den Fig. 4B und 4C erkennbar, geht durch eine Öffnung in der Drahtkammer 100, die den Draht während des Entfernens der Drahtisolation, des Abschneidens und Lötens festhält.

In einer charakteristischen Arbeitsschrittfolge wird der Draht durch die Drahtzuführung 72 unter die Klammer 100 gebracht und dann mittels ausreichender Energie des Laserstrahls 88 die Drahtisolation verdampft.

Die lieferbare Energiemenge reicht ebenfalls aus, um den Draht am Endpunkt 102 auf der Trägerplatten-Oberfläche anzulöten oder anzuschweißen. Der X-Y Tisch bewegt die Trägerplatte dann in der, durch den Schreibkopf angegebenen Richtung und sorgt so für einen geradlinigen Leiterzugverlauf. Der Laserstrahl 86 liefert ausreichend Energie, um den Haftvermittler vor der Berührung des Leiterzugdrahtes mit der Oberfläche zu aktivieren. Der Stift 80 bringt den Draht mit der Trägerplatten-Oberfläche in Kontakt und nach dem Abkühlen des Haftvermittlers ist eine feste Verbindung zwischen Trägerplatten-Oberfläche und Draht geschaffen. Für den Fall eines gebogenen Leiterzugverlaufes hält der Tisch am Umkehr- oder Krümmungspunkt an, der Schreibkopf 12 rotiert in die neue Richtung, um die Biegung durchzuführen, und der Tisch bewegt sich in der vom Schreibkopf angegebenen neuen Richtung. Am Ende eines Leiterzuges wird erneut Laserenergie durch den Laserstrahl 88 zugeführt, um die Drahtisolation zu entfernen und den Leiterzug mit einem vorherbestimmten Anschlußpunkt zu verlöten oder zu verschweißen. Danach kann der Tisch ein wenig verschoben werden, so das ausreichend Energie geeigneter Wellenlänge auf den Anschlußpunkt gerichtet wird, um den Draht zu durchtrennen.

Für den Durchtrennvorgang wird Laserenergie einer kürzeren Wellenlänge verwendet, um eine größere Energieabsorption durch das Kupfer zu erzielen. Für diesen Abtrennvorgang wird vorzugsweise ein Neodym "gedoppter" Yttrium-Aluminium-Garnet Laser verwendet mit einer Wellenlänge von 1.06 µm. Der beim Schreibvorgang zum Aktivieren der Haftvermittlerschicht verwendete Laserstrahl muß vorsichtig ausgewählt sein und räumlich und zeitlich exakt gesteuert werden. Durch sorgfältige Auswahl und Steuerung wird eine ausreichende Aktivierung des Haftvermittlers erzielt, um eine feste Verbindung zwischen Leiterzugdraht und Unterlage zu schaffen. Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, so entsteht eine ungenügende Festlegung des Leiterzuges auf der Trägerplattenoberfläche aufgrund von Unterbrechungen und Ungleichmäßigkeiten der Bindung. Andererseits kann überschüssige Energie die Leiterzüge und das umgebende Material beschädigen.

Das erfindungsgemäße Verfahren vermeidet diese Schwierigkeiten und erzielt eine gleichmäßige Aktivierung entlang des gesamten Leiterzugverlaufs. Um dieses Ziel zu erreichen, muß die von einem bestimmten Haftvermittlerbezirk empfangene Energie konstant sein und unabhängig von der Geschwindigkeit, mit der der Laserstrahl auf die Haftvermittlerschicht auftrifft.

Wie bereits erwähnt, kann der Haftvermittler entweder in Form einer Oberflächenschicht oder durch Überziehen des Leiterzugdrahtes mit diesem angebracht werden, oder er kann auch getrennt zugeführt werden. Der Laserstrahl bewegt sich mit dem Schreibkopf entlang des Weges des Leiterzuges, eine bestimmte Energiemenge wird in Impulsform von einem vorherbestimmten Abschnitt des Haftvermittlers empfangen, wenn ein bestimmter Weg entsprechend einer bestimmten Leiterzuglänge von Schreibkopf und Laserstrahl zurückgelegt werden. Nachdem der Haftvermittler aktiviert ist, wird der Leiterzugdraht auf der Trägerplattenoberfläche niedergelegt.

Im gleichen Maß, wie der Haftvermittler die vom Laserstrahl empfangene Energie abgibt, verfestigt er sich und geht in den nicht-klebenden Zustand über und bildet so eine feste Verbindung zwischen dem Leiterzugdraht und der Trägerplattenoberfläche, auf der er ausgelegt wurde. Der gepulste Laserstrahl wird auf die Haftvermittleroberfläche gerichtet, die entweder auf dem Draht oder auf der Trägeroberfläche angebracht wurde. Der Laserstrahl trifft entweder direkt im Kontaktpunkt von Draht und Oberfläche auf oder kurz davor.

Die Laserstrahlimpulse enthalten praktisch alle die gleiche Energiemenge. Die Energie eines Impulses ist das Produkt aus Impuls-Amplitude und dem Leistungspegel oder der Impulsbreite oder Impulsdauer. Jeder Impuls sollte wenigstens soviel Energie aufweisen, daß der Haftvermittler an der Stelle seines Auftreffens in den klebenden Zustand übergeht, und zwar für die Zeitdauer des Anbringens des Drahtes in diesem Oberflächengebiet. Andererseits soll die Impulsenergie unterhalb derjenigen sein, welche die Aushärtung des Haftvermittlers oder eine Beschädigung der umgebenden Oberflächenbezirke bewirken kann. Die Impulsenergie wird vor Beginn der Auslegung der Leiterzugdrähte festgelegt. Ein Laserstrahlimpuls wird immer dann ausgesendet, wenn ein bestimmter Drahtabschnitt niedergelegt ist. Die Anzahl der ausgesendeten Impulse pro Zeiteinheit oder die Wiederholungsgeschwindigkeit der Impulse ändert sich deshalb notwendigerweise mit der pro Zeiteinheit ausgelegten Drahtlänge, oder, in anderen Worten, diese ändert sich mit der Schreibgeschwindigkeit.

Entsprechend dem Verfahren nach der Erfindung erhält jede Oberflächeneinheit unabhängig von der Schreibgeschwindigkeit die gleiche Energiemenge. Hierdurch wird entlang der gesamten Drahtlänge eine gleichmäßige Bindung des Drahtes auf der Oberfläche erzielt. Das Schreibelement hält den Draht im Augenblick des Kontaktes mit der Oberfläche in der gewünschten Position, aber mit der Fortbewegung des Schreibkopfes verliert dieser die Fähigkeit, den Leiterzugdraht in der bestimmten Position zu halten. Es ist deshalb wichtig, daß die Bindung des Drahtes auf der Trägerplattenoberfläche sehr schnell erfolgt, damit der Draht genau justiert ist. Vorzugsweise sollte der Haftvermittler innerhalb von 50 bis 200 Millisekunden nach dem Aktivieren sich wieder so weit verfestigt haben, daß eine Drahtverschiebung unterbleibt. Ein Vorteil der Verwendung gesteuerter und vorbestimmter Energieimpulse besteht darin, daß die Zeitspanne, die erforderlich ist, um den Haftvermittler zu erhitzen oder zu aktivieren und seine Energie wieder zu verlieren (der "thermische Kreislauf") hierdurch erheblich verkürzt wird. Die dem Haftvermittler zugeführte Energie ist hierbei so bemessen, daß sie gerade ausreicht, um den Haftvermittler zu aktivieren. Dadurch wird der thermische Kreislauf abgekürzt und die erforderliche Bindung wird schneller hergestellt als bei Zuführung überschüssiger Energie.

Vorzugsweise wird die Laserimpulsenergie so eingestellt, daß sie gerade ausreicht, um den Haftvermittler im Kontaktpunkt zu aktivieren. Zum Bestimmen der Energiemenge, die erforderlich ist, um den Haftvermittler zu aktivieren, d. h. in den klebenden Zustand zu versetzen, wird der Haftvermittler in einem Ofen so lange erwärmt, bis er den klebenden Zustand erreicht hat und sodann der entsprechende Temperaturanstieg gemessen. Dann wird der Laserstrahlimpuls auf die kürzest mögliche Zeit für einen bestimmten Haftvermittlerbezirk eingestellt und der Temperaturanstieg in diesem Bezirk wird gemessen. Der Energiepegel wird dann so eingestellt, daß der Temperaturanstieg gerade ausreicht, um den Haftvermittler in den klebenden Zustand zu versetzen. Der Abstand zwischen den Impulsen, die entlang des Weges des Drahtes auftreffen, kann auch vor dem eigentlichen Beginn der Drahtschreibung bestimmt werden. Um eine vollständige Kontinuität zu erzielen, soll der Abstand zwischen den einzelnen Impulsen genügend klein gewählt werden. Die Kontrolle der Bindung des Drahtes an die Unterlage kann mikroskopisch überprüft werden. Falls einige Punkte ungenügende Bindung aufweisen, kann dies durch einen entsprechend ausgerichteten Laserstrahl korrigiert werden. Die Punkte sollten vorzugsweise klein sein. Wenn diese zu klein sind, ist es allerdings schwierig, den Laserstrahl genau auszurichten, und er kann den Leiterzugdraht sowie den Haftvermittler möglicherweise nicht treffen. Vorzugsweise beträgt der Durchmesser dieser Punkte das vier- bis fünf-fache des Drahtdurchmessers. Die Punktgröße sollte aber limitiert sein, damit die Apparatur, die den Schreibkopf umgibt, nicht überhitzt wird, was zu Schäden und zum Versagen derselben führen könnte.

Die Energieverteilung in einem Punkt kann variiert werden, aber vorzugsweise soll es eine Gauss'sche Verteilung sein, bei der die höchste Energiekonzentration im Zentrum ist und in Richtung auf die Peripherie abnimmt. Um eine gleichmäßige Aktivierung entlang des Weges des Drahtes zu erzielen, sollen die einzelnen Impulse sich überlappen. Das Ausmaß der Überlappung hängt von der Verteilung der Impulsenergie ab. Je diffuser die Energieverteilung, um so größer sollte auch die Überlappung sein, vorzugsweise sollten die einzelnen Punkte zwischen 10 und 90% überlappen, besser 80%, des Punktdurchmessers.

Wird ein Schaltungsdraht auf eine mit einem Haftvermittler überzogene Oberfläche gebracht, so wird hierzu vorzugsweise ein CO<sub>2</sub> Laser verwendet. Die Impuls-Amplitude beträgt vorzugsweise zwischen 5 und 10 Watt. Die Impulsbreite beträgt vorzugsweise zwischen 0.05 und 0.25 mm. Der Punktdurchmesser beträgt vorzugsweise zwischen 0.18 und 0.75 mm. Die Schreibgeschwindigkeit kann zwischen 0 und 38 cm/Sek. oder darüber liegen. Die vorzugsweise Parameter sind von der Zusammensetzung des verwendeten Haftvermittlers abhängig. Der Leistungspegel des Lasers kann während seiner Verwendung fluktuieren. Es ist bekannt, daß ein versiegelter Laser während seiner Verwendungszeit in seiner Leistung abnimmt. Weiterhin können auch Schwankungen während eines einzigen Schreibvorgangs auftreten. Das erfindungsgemäße Verfahren sorgt für eine Kompensation derartiger Schwankungen.

Der Leistungspegel eines versiegelten Lasers sollte während des Gebrauchs überprüft werden, denn mit abnehmender Leistung sinkt auch die pro Zeiteinheit dem Haftvermittler zugeführte Energie. Nach der Erfindung kann die dem Haftvermittler zugeführte Energie entweder durch Vergrößerung der Impulsbreite oder der Amplitude oder durch Verringerung des Impulsabstandes gesteigert werden. (Damit werden gleichzeitig der Überlappingsbezirk sowie die Impuls-Wiederholungsrate vergrößert).

Wird ein unversiegelter Laser verwendet, kann der mittlere Leistungsausstoß gemessen werden, indem ein Bruchteil des Strahles, zwischen 5 und 10%, abgespalten wird und dessen Energie gemessen wird. Aus der Energieabnahme des abgespaltenen Meßstrahls kann auf die Gesamtabnahme des Energieausstoßes geschlos-

sen werden, und die Impulsbreite kann so eingestellt werden, daß die Energieabnahme kompensiert wird.

### BEISPIEL 1

5 Ein leitfähiges Muster der Stromzuführungen und Erdanschlüsse einer Schalttafel wird in der Kupferoberfläche durch Ätzen hergestellt. Das Material der Schaltplatte besteht aus Kupferkaschiertem Epoxyglas-Laminat (in der Industrie als "FR-4" bekannt). Ein isolierter Kupferschalt draht mit einem Durchmesser von 1.5 mm wird auf die mit einer Haftvermittlerschicht versehene Oberfläche im Schreibverfahren aufgebracht. Ein CO<sub>2</sub> Laser (im Handel als Everlase 150<sup>®</sup> bekannt) wurde zum Aktivieren des Haftvermittlers verwendet. Der Leistungs-  
10 pel des Lasers betrug 150 Watt. Die für den Haftvermittler erforderliche Energie lag zwischen 5 und 10 Watt pro Impuls. Die Energieverteilung entspricht der Gauss'schen Verteilungskurve. Eine Haftvermittlerschicht der nachfolgenden Zusammensetzung wird unter Druck und Hitze auf das Laminat aufgebracht.

Der Haftvermittler enthält die folgenden festen Bestandteile:

	Akrylonitril-Butadien Copolymer Gummi	26.9%
15	Alkylphenolresolharz	13.4%
	Diglyzidylether von Biphenol A1 Molekulargew. ca. 1000	8.9%
	Chlorsulfonatpolyethylen Gummi	8.9%
	Phenolnovolack-Harz mit Hexamethyl tetramin	13.4%
	Zirkonsilikat (Füllstoff)	17.9%
20	Flüssiges Epoxydharz mit einem Pd-Gehalt von 10% (als PdCl <sub>2</sub> )	2.6%
	Geschäumte Silika	4.5%
	Flußmittel Vinylsilan	0.9%
	Kupferphthalocyanin Pigment	2.6%

25 Vor dem Laminieren enthält der Haftvermittler 3–6% Cellosolve, hochsiedendes Kerosin und Methylethylketon als Lösungsmittel.

Der Laserstrahldurchmesser vor Durchgang durch das optische System betrug 10 mm. Der sogenannte "Rohstrahl" wurde sodann durch das optische System geleitet und auf die Haftvermittleroberfläche fokussiert. Der Laserstrahl traf die Oberfläche unter einem Winkel, so daß ein ovaler Auftreffpunkt geformt wurde von ca. 0.5 mm Breite und 0.75 mm Länge. Die Impulsbreite wurde zu 100 Mikrosekunden gewählt. Der Abstand  
30 zwischen den einzelnen Impulsen betrug 0.1 mm. Der Laserstrahl wurde so gerichtet, daß er etwa 0.25 mm vor dem Drahtschreibstift auftraf, so daß die Haftvermittlerschicht während der Drahtniederlegung aktiviert war. Bei einer Schreibgeschwindigkeit von 125 mm/Sek. wurde eine über den gesamten Leiterzug gleichmäßige, einwandfreie Bindung des Leiterzuges auf der Haftvermittleroberfläche erzielt.

### BEISPIEL 2

Ein vorgeformter Leiterzugdraht, beispielsweise ein Cu-Draht von 0.1 mm Durchmesser mit einem Silberüberzug von 0.5 µm ist mit einer Polyurethan-Isolation überzogen, deren Dicke 38 µm beträgt. Der Leiterzugdraht ist weiterhin mit einer Haftvermittlerschicht versehen, die die folgenden festen Bestandteile enthält:

40	Hochmolekulares Polyurethanakrylat	100 g
	Epoxyakrylat	15 g
	Polyisocyanorat von Toluendiisocyanat	9.8 g
	UV Aushärter	3.5 g
	4-Methoxyphenol	0.5 g

45 Die entsprechende, Lösungsmittel enthaltende auftragbare Mischung ist wie folgt zusammengesetzt:

	Hochmolekulares Polyurethanakrylat (32% Lösung)	333.3 g
	Epoxyakrylat	15.0 g
	Polyisocyanorat (50% Lösung)	19.6 g
	UV Aushärter	3.5 g
50	4-Methoxyphenol	0.5 g
	Toluol	7 Gew.-% der Gesamtmenge

Der verwendete eingesiedelte Co<sub>2</sub> Laser hat einen durch Radiofrequenzen erregbaren Wellenleiter, eine Leistung von 20 Watt CW (Dauerstrich) und eine der Gauss'schen Verteilung (TEM) entsprechende Strahlform und eine maximale Modulationsfrequenz von 10 KHz.

55 Die Laserenergie wird dem Leiterzugdraht in Form eines gepulsten Strahles zugeführt. Die Impulsbreite des Strahles entspricht 200 Mikrosekunden. Der Auftreffpunkt ist annähernd kreisförmig und hat einen Durchmesser von etwa 1 mm. Der Strahl wird gepulst, wenn die ausgelegte Drahtlänge etwa 0.2 mm entspricht. Die Schreibgeschwindigkeit beträgt etwa 5 m/Min. Die Punktgröße und die Impulsfrequenz sind etwa so eingestellt, daß jeder Leiterzugabschnitt etwa 5 Impulse erhält. Die aktivierte Haftvermittlerschicht verliert Energie und  
60 geht in den nichtklebenden, verfestigten Zustand über und bildet innerhalb von 200 Millisekunden eine feste Verbindung mit der Oberfläche.

Sind alle Leiterzüge entsprechend dem vorgegebenen Muster hergestellt, so wird die Haftvermittlerschicht durch Bestrahlung mit UV voll ausgehärtet.

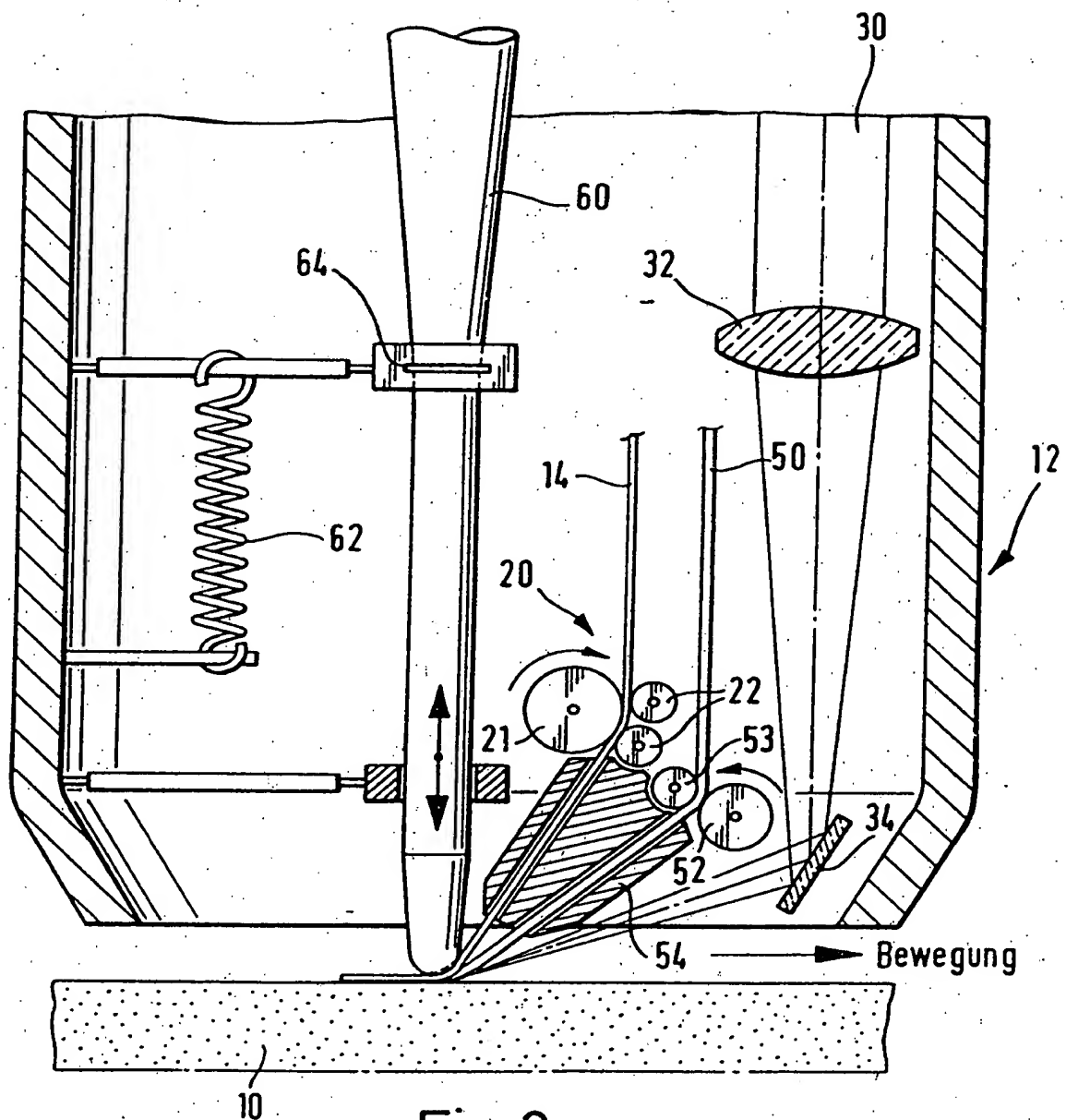


Fig. 2



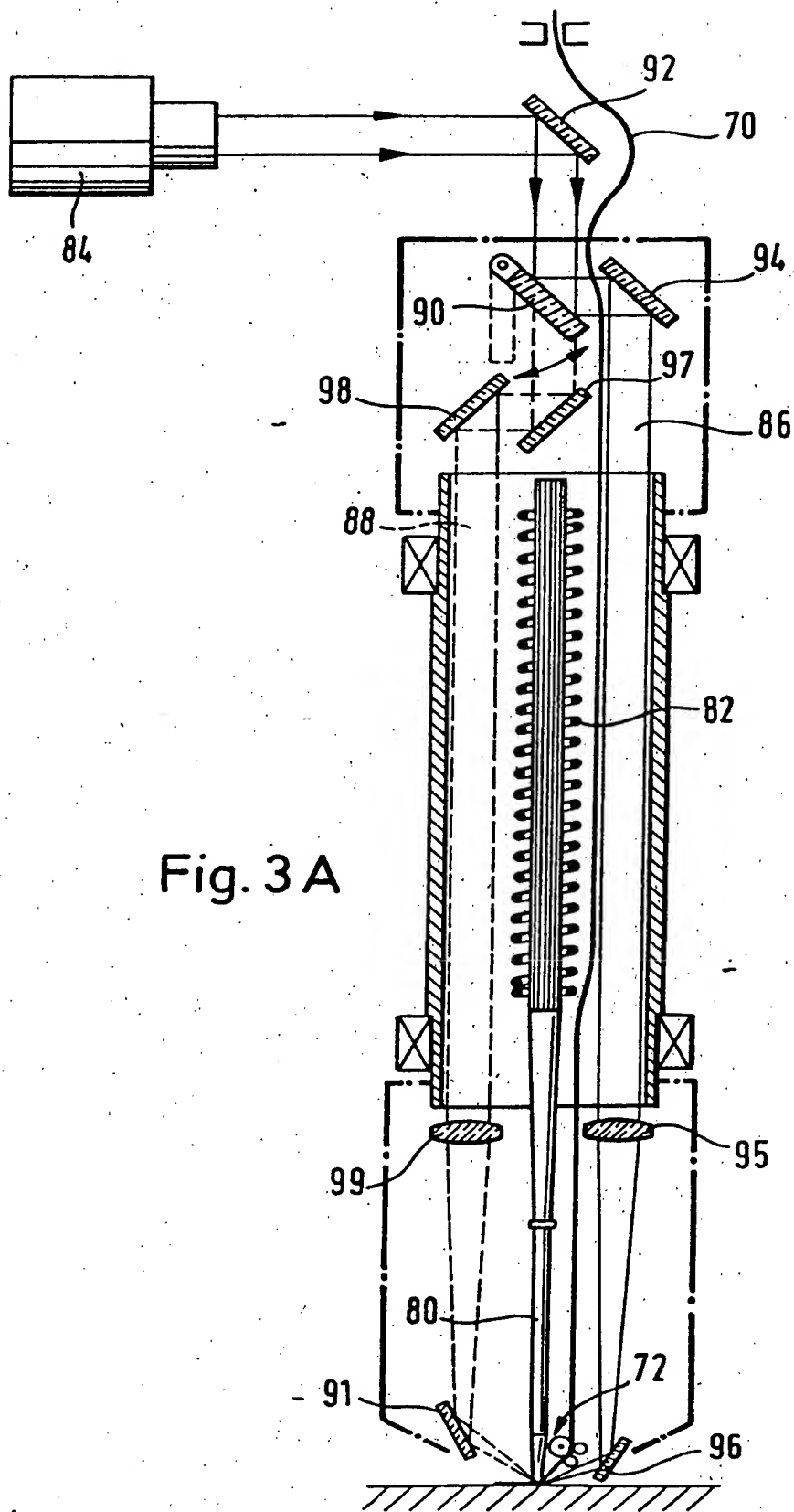
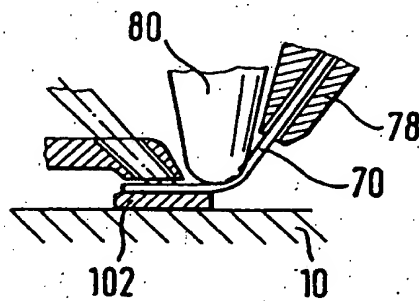
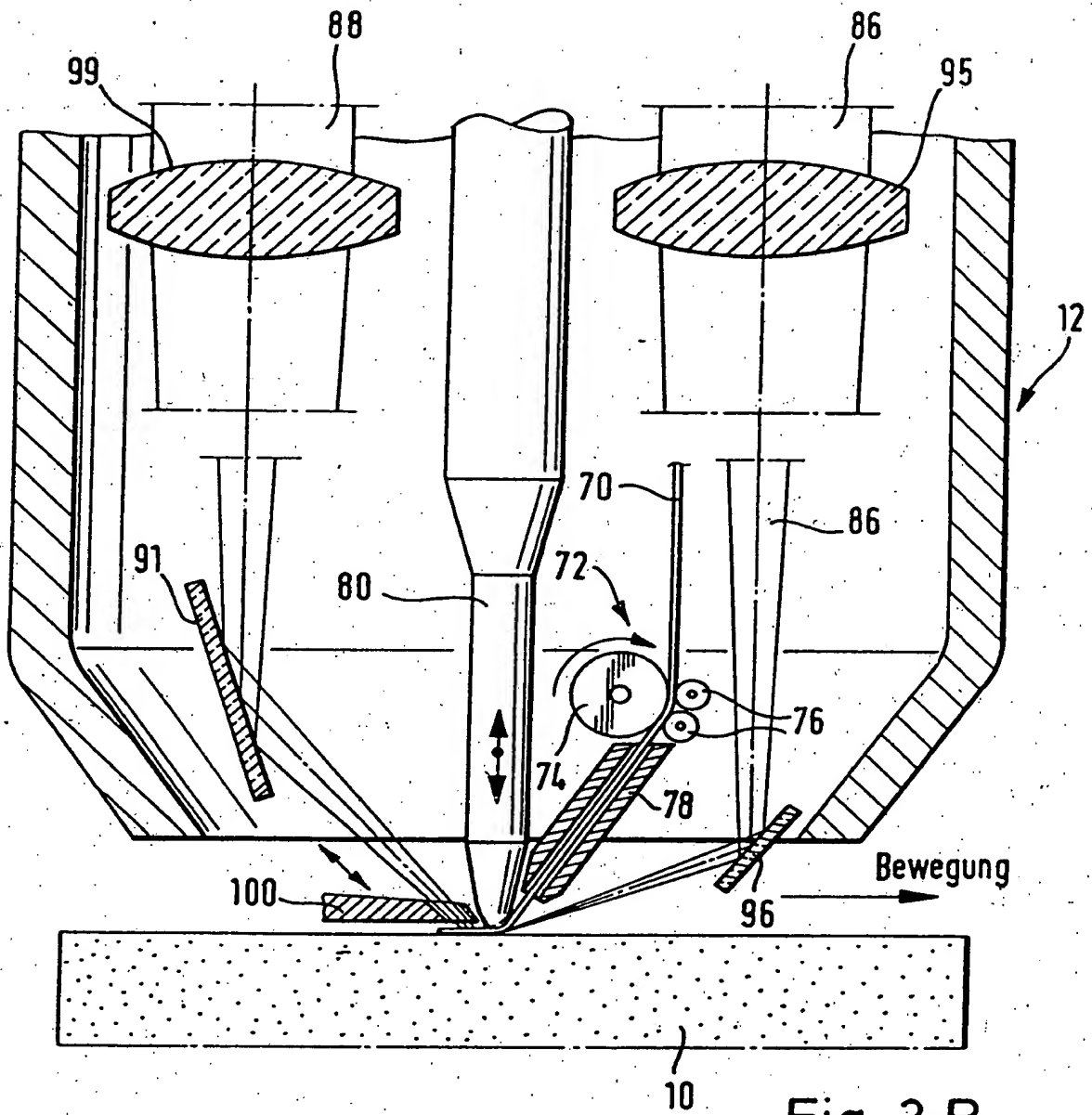


Fig. 3 A





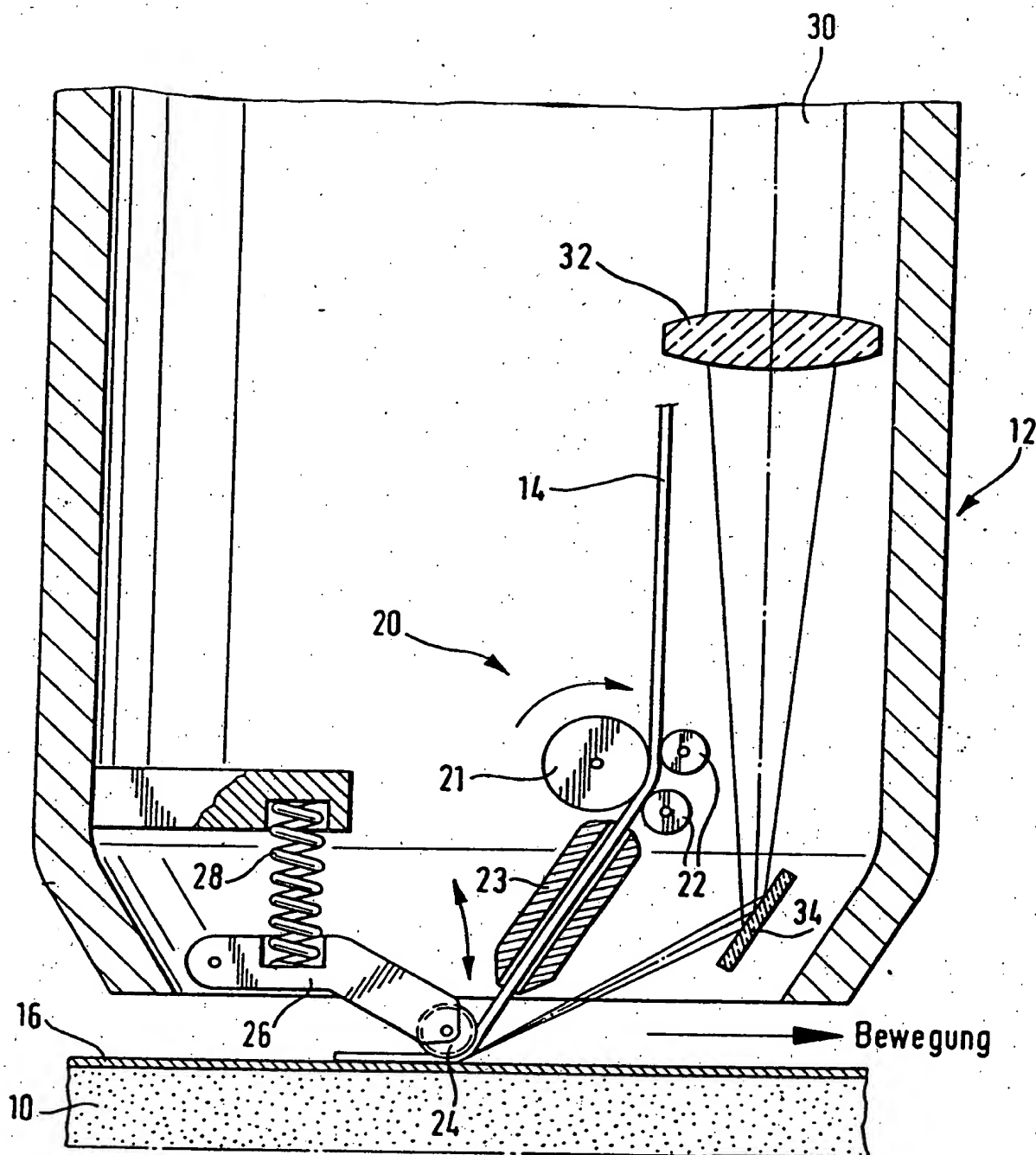


Fig. 1